

PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
Internationales Büro



INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

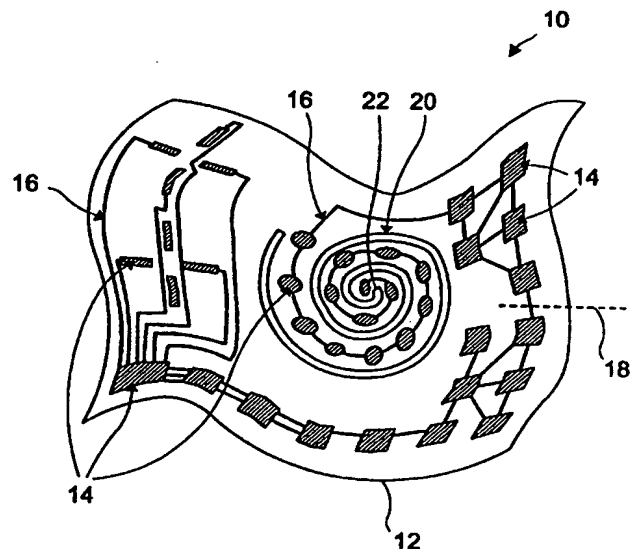
<b>(51) Internationale Patentklassifikation <sup>6</sup> :</b> <b>H01L 23/538, 21/98</b>		<b>A1</b>	<b>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer:</b> <b>WO 99/38211</b>
			<b>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum:</b> 29. Juli 1999 (29.07.99)
<b>(21) Internationales Aktenzeichen:</b> PCT/EP98/00344 <b>(22) Internationales Anmeldedatum:</b> 22. Januar 1998 (22.01.98)  <b>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US):</b> FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V. [DE/DE]; Leonrodstraße 54, D-80636 München (DE).  <b>(72) Erfinder; und</b> <b>(75) Erfinder/Anmelder (nur für US):</b> TRIEU, Hoc, Khiem [DE/DE]; Lotharstrasse 10, D-47057 Duisburg (DE). MOKWA, Wilfried [DE/DE]; Yorckstrasse 67, D-47800 Krefeld (DE). EWE, Lutz [DE/DE]; Heidestrasse 2, D-47166 Duisburg (DE).  <b>(74) Anwalt:</b> SCHOPPE, Fritz; Schoppe & Zimmermann, Postfach 71 08 67, D-81458 München (DE).		<b>(81) Bestimmungsstaaten:</b> JP, NO, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).  <b>Veröffentlicht</b> <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i>	

**(54) Title:** MICROSYSTEM AND METHOD FOR THE PRODUCTION THEREOF

**(54) Bezeichnung:** MIKROSYSTEM UND VERFAHREN ZUM HERSTELLEN EINES MIKROSYSTEMS

**(57) Abstract**

A microsystem (10) comprising a flexible film (12), a plurality of semiconductor elements (14) which are embedded in the flexible film (12) and a connection line (16) which is arranged in a substantial manner on the flexible film (12) to ensure electrical contact for at least two semiconductor elements (14). Initially, electronic components are integrated into a semiconductor layer on a wafer in order to produce the microsystem (10). Subsequently, the semiconductor areas that are not required between the electrical components are removed by etching, whereupon the flexible film (12) is applied. A connection line (16) is then applied to the flexible film (12) in order to connect the individual semiconductor elements (14) to each other. Finally, the semiconductor is etched out from the rear side in order to obtain a microsystem (10) wherein the individual semiconductor elements (14) are exclusively and mechanically connected by the flexible film (12) as opposed to the semiconductor substrate.



**(57) Zusammenfassung**

Ein Mikrosystem (10) umfaßt eine flexible Folie (12), eine Mehrzahl von Halbleiterelementen (14), die in der flexiblen Folie (12) eingebettet sind und eine im wesentlichen auf der flexiblen Folie (12) angeordnete Verbindungsleitung (16) zum elektrischen Verbinden von zumindest zwei Halbleiterelementen (14). Zur Herstellung des Mikrosystems (10) werden zunächst elektronische Komponenten in einer auf einem Wafer vorhandenen Halbleiterschicht integriert. Anschließend werden die nicht benötigten Halbleiterbereiche zwischen den elektronischen Komponenten weggeätzt, woraufhin die flexible Folie (12) aufgebracht wird. Anschließend wird eine Verbindungsleitung (16) auf die flexible Folie (12) aufgebracht, um die einzelnen Halbleiterelemente (14) miteinander zu verbinden. Schließlich wird der Halbleiter von der Rückseite aus weggeätzt, um das Mikrosystem (10) zu erhalten, bei dem die einzelnen Halbleiterelemente (14) lediglich durch die flexible Folie (12) und nicht mehr durch das Halbleitersubstrat mechanisch verbunden sind.

### LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidshjan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland			TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	ML	Mali	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MN	Mongolei	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MR	Mauretanien	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MW	Malawi	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	MX	Mexiko		
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CG	Kongo	KE	Kenia	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CM	Kamerun			PL	Polen		
CN	China	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CU	Kuba	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CZ	Tschechische Republik	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
DE	Deutschland	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DK	Dänemark	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
EE	Estland	LR	Liberia	SG	Singapur		

## **Mikrosystem und Verfahren zum Herstellen eines Mikrosystems**

### Beschreibung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf Mikrosysteme und Verfahren zum Herstellen von Mikrosystemen. Insbesondere bezieht sich die vorliegende Erfindung auf flexible Mikrosysteme, die in nahezu jede gewünschte Form gebracht werden können.

Aufgrund rasanter Fortschritte in der Siliziumtechnologie werden immer häufiger ganze Mikrosysteme in Silizium integriert. Diese modernen Mikrosysteme umfassen neben der Auswerteelektronik für eine Sensoranordnung auch die Sensoren bzw. Aktoren selbst, die ebenfalls mittels mikromechanischer Technologien in beispielsweise einem Siliziumsubstrat gebildet sind. Solche Mikrosysteme werden derzeit meistens aus Substraten aus einkristallinem Silizium hergestellt. Die elektrischen Eigenschaften von monokristallinem Silizium erlauben die Integration derartiger komplexer Schaltungen. Zur Realisierung von Sensorelementen bzw. Aktorelementen werden neben den elektrischen Eigenschaften die mechanischen Eigenschaften des Siliziums als Werkstoff selbst genutzt. Weitere alternativ anwendbare elektronische Werkstoffe, wie z. B. amorphes oder polykristallines Silizium, oder auch leitende Polymere, erreichen nicht annähernd ein zu monokristallinem Silizium vergleichbares elektrisches Verhalten.

Aufgrund der hohen mechanischen Härte von Silizium sind verwendete Substrate für bekannte Mikrosysteme aus massivem Silizium und daher starr und planar. Die Waferdicke liegt dabei in der Größenordnung von einigen Hundert Mikrometern. Dies ist der Grund, daß der Einsatz von solchen Mikrosystem-Chips in Umgebungen mit nicht-ebenen Auflageflächen ungeeignet sind. Der Nachteil einer fehlenden mechanischen Flexibilität macht sich mit zunehmender Chipfläche immer

stärker bemerkbar. Es sei angemerkt, daß komplexe Mikrosysteme beträchtliche Chipflächen einnehmen können, wenn daran gedacht wird, daß neben einer integrierten Schaltung auch der Sensor bzw. Aktor selbst auf dem Wafer angeordnet ist.

Ein bekannter Ansatz zur Erhöhung der Flexibilität von Mikrosystemen ist in Trieu, H.K., Ewe, L., Mokwa, W.: *Flexible Mikrostrukturen in Silizium*, Fraunhofer IMS Jahresbericht 1996, S. 17 - 19, beschrieben. Zur Lösung des Flexibilitätsproblems werden mechanisch flexible MESAfex-Substrate vorgeschlagen, die aus einem Siliziuminselarray mit 0,8 bis 2 mm breiten und 0,3 bis 0,7 mm dicken Siliziuminseln bestehen, welche über dünne Siliziummembranen (Dicke < 20  $\mu\text{m}$ ) miteinander verbunden sind. Solche MESAfex-Substrate zeichnen sich durch eine wesentlich höhere Flexibilität im Vergleich zu herkömmlichen Mikrosystemen aus, die auf einem einzigen Siliziumwafer mit einer Dicke von mehreren Hundert Mikrometern integriert sind. Anordnungen derartiger Siliziuminseln erlauben lineare Auslenkungen von mehr als 90° aus der Hauptebene heraus. Allerdings sind diese einkristallinen Siliziummembranen, die die Siliziuminseln miteinander verbinden, für viele Anwendungszwecke immer noch zu empfindlich bzw. fragil. Ferner ist die lokale Flexibilität, d. h. die Flexibilität in einem bestimmten Bereich des Mikrosystems, durch die relativ großen Siliziuminseln begrenzt.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, Mikrosysteme zu schaffen, die zuverlässig und dennoch hochflexibel sind.

Diese Aufgabe wird durch ein Mikrosystem gemäß Anspruch 1 sowie durch ein Verfahren zum Herstellen eines Mikrosystems gemäß Anspruch 16 gelöst.

Ein Mikrosystem gemäß der vorliegenden Erfindung umfaßt eine flexible Folie, eine Mehrzahl von Halbleiterelementen, die in der flexiblen Folie eingebettet sind, und zumindest eine im wesentlichen auf der flexiblen Folie angeordnete Verbin-

dungsleitung zum elektrischen Verbinden von zumindest zwei Halbleiterelementen. Ein derartiges erfindungsgemäßes Mikrosystem zeichnet sich gegenüber dem Stand der Technik dadurch aus, daß Halbleiterelemente, welche integrierte Schaltungen oder aber auch Sensoren oder Aktoren sein können, nicht mehr über einen Wafer bzw. Siliziummembranen miteinander verbunden sind. Der Verzicht auf einen Wafer, der alle einzelnen Halbleiterelemente mechanisch verbindet und das Mikrosystem zu einem starren bzw. bei Verwendung von Siliziummembranen relativ brüchigen Gegenstand werden läßt, wird durch Verwendung einer flexiblen Folie ermöglicht, in die die Halbleiterelemente eingebettet sind. Die einzelnen Halbleiterelemente werden erfindungsgemäß lediglich von der flexiblen Folie getragen. Dadurch sind sie auch, wenn die flexible Folie isolierend ist, voneinander isoliert. Erfindungsgemäß kann dann auf die flexible Folie eine benötigte Struktur von Leiterbahnen bzw. Busleitungen aufgebracht werden, um die einzelnen Halbleiterelemente untereinander zu verbinden, um ein erwünschtes Mikrosystem zu erhalten.

Die Halbleiterelemente können allgemein betrachtet als flache Quader angesehen werden, welche auf mehrere Arten und Weisen in der flexiblen Folie eingebettet sein können. Zum einen ist es möglich, die Halbleiterelemente, welche lediglich Dicken von wenigen Mikrometern bzw. bis in den Submikrometerbereich haben, derart in der flexiblen Folie einzubetten, daß beide Hauptoberflächen der quaderförmigen Halbleiterelemente freiliegend sind. Eine Verbindungsleitung kann dann direkt auf Anschlußflächen eines Halbleiterelements aufgebracht werden. Es wird jedoch bevorzugt, die sehr dünnen Halbleiterelemente so in eine Folie einzubetten, daß lediglich die Rückseite der Halbleiterelemente freiliegend ist. Die Vorderseite der Halbleiterelemente, auf denen die Anschlußflächen angeordnet sind, sind dann ebenfalls von der flexiblen Folie bedeckt. Um Verbindungsleitungen herzustellen, ist es dann erforderlich, Kontaktlöcher in die flexible Folie einzubringen, um die Halbleiterelemente anzuschließen bzw. untereinander zu verbinden.

Erfindungsgemäß sind die einzelnen Halbleiterelemente mechanisch im wesentlichen durch die flexible Folie miteinander verbunden. Die Flexibilität des Mikrosystems ist daher nicht mehr durch die starren Halbleiterelemente bestimmt, sondern im wesentlichen durch die flexible Folie. Vorteilhafterweise existieren weitere Möglichkeiten, um die Flexibilität des Mikrosystems an bestimmte Gegebenheiten anzupassen, d. h. eine lokale Flexibilität des Mikrosystems einzustellen. So ist es möglich, durch bestimmtes Anordnen der Halbleiterelemente untereinander, beispielsweise in Funktionsblöcken, eine solche Flexibilität des Mikrosystems zu schaffen, daß dasselbe gefaltet oder auch gerollt werden kann. Vorteilhafterweise kann ferner die flexible Folie in bestimmten Bereichen durch beliebig geometrisch strukturierbare "Verstärkungs"-Stege modelliert werden, um beispielsweise ein relativ steifes Mikrosystem in x-Richtung, jedoch ein sehr flexibles Mikrosystem in y-Richtung zu schaffen. Diese Maßnahme erlaubt somit ebenfalls wie eine bestimmte Anordnung der Halbleiterelemente in der flexiblen Folie, das Herstellen einer lokalen Steifigkeit bzw. dem Gegenstück, einer lokalen Flexibilität des Mikrosystems.

Weiterhin besteht die Möglichkeit, die Eigenschaften der flexiblen Folie direkt zu beeinflussen, d. h. wenn als flexible Folie eine Polymerfolie verwendet wird, so kann durch unterschiedliche Aushärtbedingungen die Steifigkeit der Folie lokal eingestellt werden.

Das erfindungsgemäße Mikrosystem, bei dem die Halbleiterelemente in die flexible Folie eingebettet sind, hat im Vergleich zu bekannten flexiblen Schaltungen, bei denen Halbleiterchips auf einem flexiblen Substrat aufgelötet bzw. aufgeklebt sind, den Vorteil, daß durch ein Biegen des Mikrosystems vorhandene Belastungen im wesentlichen vollständig in der flexiblen Folie und nicht in dem Halbleiterelement aufgenommen werden, wodurch bei einer Verbiegung auftretende mechanische Spannungen nicht zu piezoresistiven Be-

einflussungen der elektrischen Parameter der Halbleiterelemente führen. Obwohl das flexible Mikrosystem insgesamt nahezu an jede beliebige Form angepaßt werden kann bzw. in nahezu jede beliebige Form gebracht werden kann, halten die einzelnen Halbleiterelemente jeweils für sich ihre individuelle Struktur bei, d. h. sie werden nicht verbogen, was besonders bei bestimmten Sensoren oder Aktoren bedeutsam ist, deren mechanische Gestalt nicht "verzogen" werden darf.

Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend bezugnehmend auf die beiliegenden Zeichnungen detaillierter erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine allgemeine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Mikrosystems; und

Fig. 2 eine Querschnittsdarstellung eines Mikrosystems gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

Fig. 1 zeigt eine Draufsicht auf ein Mikrosystem 10 gemäß der vorliegenden Erfindung. Das Mikrosystem 10 umfaßt eine flexible Folie 12, in der eine Mehrzahl von Halbleiterelementen 14 eingebettet ist. Die Halbleiterelemente 14 sind mittels Verbindungsleitungen 16 miteinander verbunden, die entweder als übliche Leiterbahnen ausgeführt sein können oder auch als komplexe Busstrukturen.

Vorzugsweise sind die Halbleiterelemente kleine Stücke aus einkristallinem Halbleitermaterial, die, wie es aus Fig. 1 zu sehen ist, in beliebiger Anordnung in der flexiblen Folie eingebettet werden können. Die Halbleiterelemente können integrierte aktive und/oder passive Bauelemente oder auch Sensoren oder Aktoren sein. Solche mikromechanischen Elemente sind in der Technik bekannt und werden nicht weiter beschrieben. Die flexible Folie 12 ist vorzugsweise eine sehr flexible Kunststoffolie, die beispielsweise aus einem Polymer bestehen kann.

Das Mikrosystem 10 gemäß der vorliegenden Erfindung ist aufgrund der Tatsache, daß die Halbleiterelemente 14 in der flexiblen Folie 12 eingebettet sind, außerordentlich flexibel und an beliebige Oberflächen anpaßbar. Um dem Mikrosystem 10 zusätzliche Flexibilität zu bieten, ist es günstig, einzelne Halbleiterelemente 14 in Funktionsgruppen anzuordnen, wie es beispielsweise in Fig. 1 rechts zu sehen ist. Dabei sind die Halbleiterelemente einer Funktionsgruppe rechts oben angeordnet, während die Halbleiterelemente einer weiteren Funktionsgruppe rechts unten angeordnet sind. Das Mikrosystem weist durch die Anordnung der Halbleiterelemente rechts in Fig. 1 um eine Linie 18 eine höhere Flexibilität auf als um eine zur Linie 18 senkrechten Linie. Das Mikrosystem erhält somit allein durch die Anordnung der Halbleiterelemente eine lokale Steifigkeit. Dies ist besonders dann vorteilhaft, wenn das Mikrosystem 10 um die Linie 18 gebogen bzw. gerollt werden soll, um an einen Körper mit beliebiger Gestalt angepaßt zu werden.

Eine weitere Möglichkeit, der flexiblen Folie eine lokale Steifigkeit bzw. lokale Flexibilität zu verschaffen, besteht in einer geometrischen Unterstrukturierung 20, die beispielsweise als beliebig geformte Verstärkungsrippen in der flexiblen Folie implementiert werden kann. Die spiralförmige geometrische Unterstrukturierung 20 ermöglicht es, daß das Mikrosystem 10 derart lokal flexibel ist, daß ein mit 22 bezeichneter Bereich des Mikrosystems aus der Zeichenebene heraus deformiert werden kann, um eine Art "Spitzhut" zu bilden. Dagegen ist das Mikrosystem 10 aufgrund der geometrischen Unterstrukturierung 20 im Bereich 22 gegen ein Falten um eine Linie in der Ebene des Mikrosystems 10 relativ steif. Weitere geometrische Unterstrukturierungen mit einfacherer Form könnten im Vorsehen von beispielsweise bezüglich Fig. 1 horizontalen Rippen parallel zur Linie 18 bestehen, wodurch, wenn mehrere parallel angeordnete derartige Horizontalrippen vorhanden sind, ein Falten lediglich um die Linie 18 möglich sein wird, jedoch kein Falten um eine Linie



senkrecht zur Linie 18. Aufgrund der Gestaltungseigenschaften für flexible Folien können somit beliebige lokale Flexibilitäten eingestellt werden, um das Mikrosystem 10 gemäß der vorliegenden Erfindung an beliebige Untergründe anzupassen, oder um dasselbe in beliebig erwünschte Formen zu bringen.

Eine weitere Möglichkeit, um das Mikrosystem 10 lokal flexibel zu gestalten, besteht darin, die flexible Folie durch lokal unterschiedliche Polymeraushärtung mit einer anisotropen Steifigkeit zu versehen. Vorzugsweise wird ferner die Biegesteifigkeit der Halbleiterelemente 14 aus beispielsweise einkristallinem Silizium zumindest doppelt so groß und vorzugsweise um mindestens zwei bis drei Größenordnungen größer als die der flexiblen Kunststoffolie gesetzt. Dadurch wird erreicht, daß die bei einer Verbiegung auftretenden mechanischen Spannungen überwiegend auf die flexible Kunststoffolie beschränkt sind und die elektronisch aktiven Komponenten des Mikrosystems 10 weitestgehend streßfrei bleiben, um piezoresistive Beeinflussungen der elektrischen Parameter dieser Halbleiterelemente 14 zu verhindern. Bei anderen Anwendungen, bei denen aktive Gebiete besonders empfindlich auf Streßeinwirkungen reagieren sollen, wie beispielsweise bei einem Berührungssensor, können die genannten Möglichkeiten zur Steifigkeits- bzw. Flexibilitäts-einstellung invers eingesetzt werden, um eine möglichst große Empfindlichkeit auf mechanische Belastungen oder Verschiebungen zu erhalten.

Fig. 2 zeigt ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Mikrosystems 10 im Querschnitt. In Fig. 2 ist deutlich zu sehen, wie die Halbleiterelemente 14 in der flexiblen Folie 12 eingebettet sind bzw. wie die Verbindungsleitung 16 auf der flexiblen Folie 12 aufgebracht ist. Wenn sich die flexible Folie über die Vorderseite der Halbleiterelemente 14 hinaus erstreckt, werden in derselben Kontaktlöcher 24 erzeugt, um die Verbindungsleitung 16 mit Kontaktbereichen der Halbleiterelemente 14 zu kontaktieren. Zur Verbesserung der mecha-

nischen Stabilität und zur Isolation ist über der Verbindungsleitung 16 eine weitere flexible Folie 26 aufgebracht, durch die die Verbindungsleitung 16 sandwichmäßig zwischen der flexiblen Folie 12 und der flexiblen Folie 26 aufgenommen wird.

Im nachfolgenden wird das erfindungsgemäße Verfahren zum Herstellen eines Mikrosystems beschrieben. Ausgehend von einem Halbleiterwafer, der vorzugsweise ein SIMOX-Wafer mit einer dünnen Halbleiterdeckschicht ist, welche vorzugsweise aus einkristallinem Silizium besteht und eine Dicke von z. B. einigen 100 nm aufweist, kann optional beispielsweise mittels Epitaxie eine einkristalline Siliziumschicht von einigen Mikrometern Dicke aufgewachsen werden. Auf diesem dünnen einkristallinen Siliziumfilm können nun die elektronischen Komponenten, welche für das Mikrosystem benötigt werden, in geeigneter Anordnung integriert werden. Im Extremfall kann eine solche elektronische Komponente nur noch aus einem einzigen Transistor oder einer kleinen Transistorgruppe bestehen. Im anderen Extremfall kann eine solche Komponente ein ganzer mikromechanischer Sensor oder Aktor sein. Durch Wegätzen der nicht mehr benötigten Halbleitergebiete zwischen den elektronischen Komponenten entstehen viele kleine, nach allen Seiten isolierte Stücke aus vorzugsweise einkristallinem Silizium, die bisher als Halbleiterelemente 14 bezeichnet wurden. Diese Halbleiterelemente 14 sind jedoch noch mittels des SIMOX-Wafers untereinander mechanisch verbunden. Ein Schritt des Freiätzens bewirkt, daß die einzelnen Halbleiterelemente 14 von der Oberfläche des Wafers vorstehen, da die dazwischenliegenden, nicht benötigten Gebiete weggeätzt wurden. Auf diese Oberfläche des Wafers, aus der die Halbleiterelemente 14 vorstehen, wird nun eine flexible Folie 12 aufgebracht, welche vorzugsweise als Polymermembran ausgeführt ist. Die Dicke der Folie wird von allgemeinen Stabilitätskriterien abhängen, die auch vom speziellen Einsatzgebiet des Mikrosystems bestimmt sind. Nach Aushärten der flexiblen Folie 12 wird die Verbindungsleitung 16 bzw. bei einem größeren Mikrosystem wie in Fig. 1 eine Viel-

zahl von Verbindungsleitungen auf die flexible Folie 12 aufgebracht. Wie es bereits erwähnt wurde, können Kontaktlöcher vorgesehen sein, wenn die Dicke der flexiblen Folie 12 größer als die Dicke der Halbleiterelemente 14 ist. Zur weiteren Erhöhung der Stabilität und Passivierung wird nach dem Aufbringen der Leiterbahnen die weitere flexible Folie 26 direkt auf die Verbindungsleitungen bzw. auf die erste flexible Folie 12 aufgebracht. Das Mikrosystem liegt nun in Form einer dielektrisch isolierten Sandwich-Struktur vor, wobei die Halbleiterelemente 14 in das Polymer eingebettet sind. Eine Mehrlagenmetallisierung ist im Bedarfsfall durch wiederholte Anwendung der Sandwichtechnik und durch Einfügen von Kontaktlöchern möglich. Die weitere flexible Folie 26 kann zum Einstellen der mechanischen Spannungsverteilung und somit zum Einstellen bzw. Schaffen einer lokalen Flexibilität bzw. Steifheit ebenfalls unterstrukturiert werden. Das erfindungsgemäße freitragende Mikrosystem wird schließlich durch Freiätzen des Trägerwafers in einem naßchemischen Ätzschritt erreicht. Dabei wird der Wafer von seiner Rückseite aus vollständig weggeätzt, derart, daß nur noch die Halbleiterelemente 14 zurückbleiben, die lediglich noch durch die flexible Folie und in geringem Maße durch die Verbindungsleitungen miteinander mechanisch verbunden sind.

Das erfindungsgemäße Mikrosystem, das auch als intelligente ultraflexible Folie bezeichnet wird, ermöglicht es, den Anwendungsbereich der Mikrosystemtechnik zu erweitern. Dies betrifft zum einen den Einsatz der Chips in nicht-ebenen Umgebungen. Zum anderen erlaubt die gewonnene mechanische Flexibilität der Struktur den Aufbau von dreidimensionalen Chipgeometrien, die mit den konventionellen planaren Strukturen nicht realisierbar sind, und die für die Sensorik sowie Aktorik völlig neue Möglichkeiten eröffnen. Zusätzlich sind solche mechanisch flexiblen Chips geradezu ideal für die Medizintechnik, wenn es z. B. notwendig ist, die traumatische Einwirkung von Implantaten auf das biologische Gewebe zu minimieren. Diesbezüglich existiert ein großer Bedarf im Bereich von implantierbaren intelligenten, d. h. mit inte-

grierten Schaltungen ausgestatteten, Prothesen. Das erfindungsgemäße Mikrosystem eignet sich somit ausgezeichnet für eine Kopplung zwischen einem elektronischen und einem biologischen System. Weitere biologische Anwendungen sind beispielsweise in dem Einsatz des Mikrosystems als künstliche Netzhaut, als Nervenstimulator oder als Nervenkontakt zu sehen.

Patentansprüche

1.   Mikrosystem (10) mit folgenden Merkmalen:  
  
      einer flexiblen Folie (12);  
  
      einer Mehrzahl von Halbleiterelementen (14), die in der flexiblen Folie (12) eingebettet sind; und  
  
      mindestens einer im wesentlichen auf der flexiblen Folie (12) angeordneten Verbindungsleitung (16) zum elektrischen Verbinden von zumindest zwei Halbleiterelementen (14).
2.   Mikrosystem (10) gemäß Anspruch 1, bei dem die Halbleiterelemente (14) derart bezüglich der Folie (12) angeordnet sind, daß das Mikrosystem (10) eine lokal unterschiedliche Flexibilität aufweist.
3.   Mikrosystem (10) gemäß Anspruch 1 oder 2, bei dem die flexible Folie (12) geometrisch unterstrukturiert ist (20), derart, daß das Mikrosystem (10) eine lokal unterschiedliche Flexibilität aufweist.
4.   Mikrosystem (10) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die flexible Folie eine lokal anisotrope Steifigkeit aufweist, derart, daß das Mikrosystem (10) eine lokal unterschiedliche Flexibilität aufweist.
5.   Mikrosystem (10) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Steifigkeit der Halbleiterelemente (14) zumindest doppelt so groß wie die Steifigkeit der flexiblen Folie (12) ist.
6.   Mikrosystem (10) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem zumindest einige der Halbleiterelemente (14) aus einkristallinem Silizium bestehen.

7. Mikrosystem (10) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Halbleiterelemente (14) im wesentlichen flach sind und eine Abmessung senkrecht zur flachen Seite von wenigen Mikrometern bis in den Submikrometerbereich haben.
8. Mikrosystem (10) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Mehrzahl von Halbleiterelementen (14) passive und/oder aktive elektronische Schaltungen aufweist.
9. Mikrosystem (10) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Mehrzahl von Halbleiterelementen (14) elektromechanische Mikrosensoren und/oder Mikroaktoren aufweist.
10. Mikrosystem (10) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Verbindungsleitung (16) eine Leiterbahn zwischen zwei Halbleiterelementen (14) oder eine Busstruktur ist, die eine Mehrzahl von Halbleiterelementen verbindet.
11. Mikrosystem (10) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die flexible Folie (12) ein Polymermaterial aufweist.
12. Mikrosystem (10) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem an aktiven Gebieten im Vergleich zu Nachbargebieten eine niedrige lokale Steifigkeit vorliegt, um eine lokale Empfindlichkeit des Mikrosystems auf Verformungen zu implementieren.
13. Mikrosystem (10) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Halbleiterelemente in der flexiblen Folie derart aufgenommen sind, daß sie bis auf eine Hauptoberfläche von der flexiblen Folie umschlossen sind, und bei dem die Verbindungsleitung (16) auf der Folie aufgebracht ist und die Halbleiterelemente (14)

durch Kontaktlöcher (24) in der Folie kontaktiert sind.

14. Mikrosystem (10) gemäß Anspruch 13, bei dem über der Verbindungsleitung (16) eine weitere flexible Folie (26) aufgebracht ist, derart, daß die Verbindungsleitung (16) zwischen der flexiblen Folie (12), in der die Halbleiterelemente (14) eingebettet sind, und der weiteren flexiblen Folie (26) in einer Sandwich-Struktur angeordnet ist.
15. Mikrosystem (10) gemäß Anspruch 14, das eine mehrschichtige Struktur aufweist, wobei mehrere Verbindungsleitungsschichten jeweils durch flexible Folien getrennt sind, und wobei die Halbleiterelemente (14) und Verbindungsleitungen einzelner Schichten über Kontaktlöcher in entsprechenden flexiblen Folien elektrisch miteinander verbunden sind.
16. Verfahren zum Herstellen eines Mikrosystems (10) mit folgenden Schritten:

Integrieren von elektronischen Komponenten in eine Halbleiterschicht, die auf einer Waferoberfläche vorhanden ist, derart, daß zumindest zwei elektronische Komponenten an räumlich unterschiedlichen Stellen in dem Wafer angeordnet sind;

Freiätzen der Bereiche zwischen den elektronischen Komponenten, wodurch mit dem Wafer verbundene, von demselben vorstehende Halbleiterelemente (14) erzeugt werden;

Aufbringen einer flexiblen Folie (12) auf die Waferoberfläche, derart, daß die Halbleiterelemente (14) in der flexiblen Folie eingebettet sind;

Aufbringen einer Verbindungsleitung (16) auf die flexible Folie (12), derart, daß die Verbindungsleitung (16) mit Kontaktbereichen von Halbleiterelementen (14) ver-

bunden ist; und

Wegätzen des Wafers von der Waferrückseite aus, derart, daß die Halbleiterelemente (14) nicht mehr durch den Wafer mechanisch untereinander verbunden sind.

17. Verfahren gemäß Anspruch 16, bei dem die elektronischen Komponenten in Funktionsgruppen in die Halbleiterschicht geätzt werden, damit das Mikrosystem (10) eine lokal unterschiedliche Flexibilität aufweist.
18. Verfahren gemäß Anspruch 16 oder 17, das ferner den Schritt des geometrischen Unterstrukturierens (20) der Folie (12) aufweist, wodurch die Folie (12) eine lokal unterschiedliche Flexibilität aufweist.
19. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 16 bis 18, das ferner den Schritt des Erzeugens einer lokal unterschiedlichen Steifigkeit der Folie (12) aufweist.
20. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 16 bis 19, das ferner den Schritt des Aufbringens einer weiteren flexiblen Folie (26) über der Verbindungsleitung (16) aufweist.



1/1

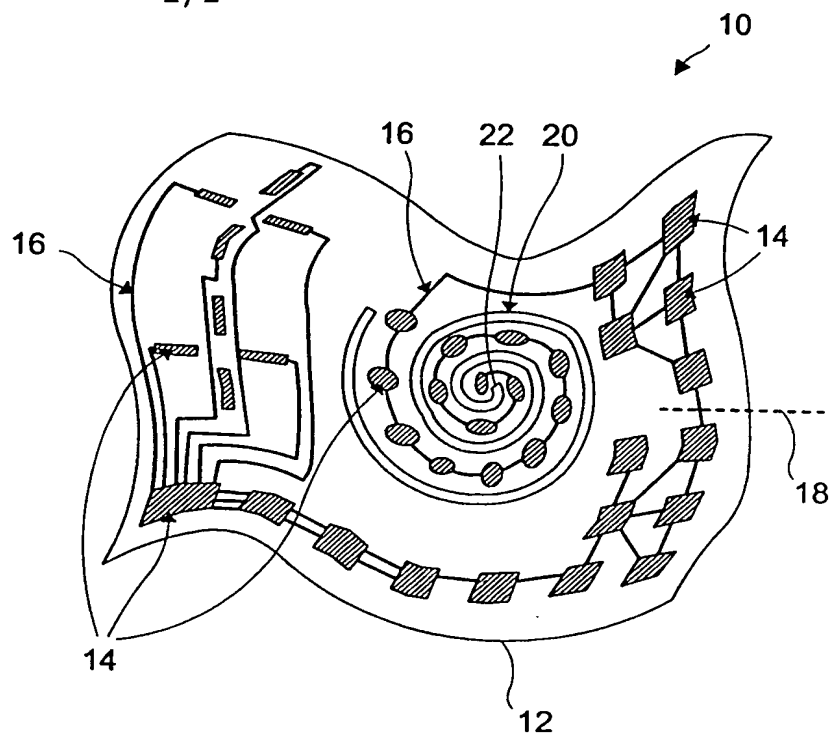


FIG. 1

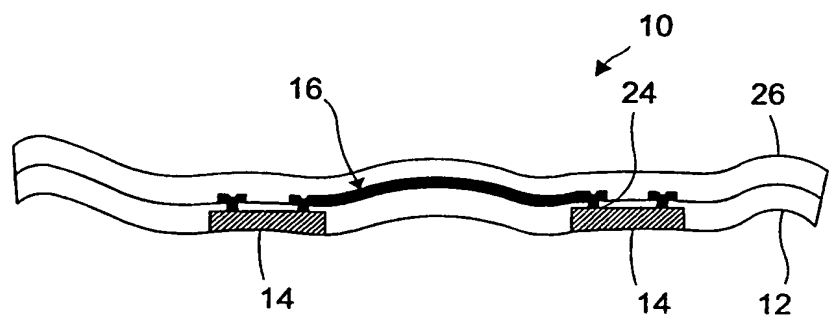


FIG. 2

ERSATZBLATT (REGEL 26)

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 98/00344

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 6 H01L23/538 H01L21/98

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 324 687 A (WOJNAROWSKI ROBERT J) 28 June 1994  see claims 1-15; figures 1-9 ---	1, 6, 8, 10, 11, 13-15
E	WO 98 02921 A (KOPIN CORP ; VU DUY PHACH (US); DINGLE BRENDA (US); CHEONG NGWE K ( ) 22 January 1998 see page 2, line 5 - page 7, line 16; claims 1-19; figures 1-6, 11 ---	1, 6, 8, 10, 11, 16, 20
A	EP 0 189 976 A (SOVONICS SOLAR SYSTEMS) 6 August 1986 see page 15, line 29 - page 16, line 17; figures 8A-8G -----	1, 6-8, 11, 16

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

9 July 1998

Date of mailing of the international search report

22/07/1998

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Hammel, E

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 98/00344

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5324687	A	28-06-1994	NONE	
WO 9802921	A	22-01-1998	NONE	
EP 0189976	A	06-08-1986	JP 2690007 B	10-12-1997
			JP 61234082 A	18-10-1986
			US 4754544 A	05-07-1988

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Int. onales Aktenzeichen

PCT/EP 98/00344

**A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
IPK 6 H01L23/538 H01L21/98

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 6 H01L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 324 687 A (WOJNAROWSKI ROBERT J) 28. Juni 1994  siehe Ansprüche 1-15; Abbildungen 1-9 ---	1,6,8, 10,11, 13-15
E	WO 98 02921 A (KOPIN CORP ;VU DUY PHACH (US); DINGLE BRENDA (US); CHEONG NGWE K ( ) 22. Januar 1998 - siehe Seite 2, Zeile 5 - Seite 7, Zeile 16; Ansprüche 1-19; Abbildungen 1-6,11 ---	1,6,8, 10,11, 16,20
A	EP 0 189 976 A (SOVONICS SOLAR SYSTEMS) 6. August 1986 siehe Seite 15, Zeile 29 - Seite 16, Zeile 17; Abbildungen 8A-8G -----	1,6-8, 11,16

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

9. Juli 1998

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

22/07/1998

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Hammel, E

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 98/00344

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 5324687	A	28-06-1994	KEINE		
WO 9802921	A	22-01-1998	KEINE		
EP 0189976	A	06-08-1986	JP	2690007 B	10-12-1997
			JP	61234082 A	18-10-1986
			US	4754544 A	05-07-1988

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**